

円筒型太陽熱淡水化装置(TSS)による塩水の脱塩実験

福井大学	学生会員	○赤尾拓哉
福井大学大学院	正会員	寺崎寛章
福井大学大学院	正会員	山路昂央
福井大学大学院	正会員	福原輝幸

1. はじめに

近年,世界的に飲料水不足問題が顕在化している.安全な飲料水確保が困難な発展途上国や貧困国では,不衛生な水の飲用によって多くの人々が亡くなっている¹⁾.

飲料水の不足に対する解決方法の一つとして,海水から淡水を製造する淡水化が挙げられる.その代表的なものに,中東を中心に運用されている多段フラッシュ法²⁾や逆浸透膜法³⁾などがある.これらの淡水化手法は,一日に大量の造水が可能であるため,飲料水不足解決に大きく貢献している.しかしながら,建設コストが高く,大量のエネルギーを必要とするため,電力供給が不安定な発展途上国や貧困国では運用し難い.

当該研究室では,図-1に示すように電力を必要とせず,造水メカニズムが単純な円筒型太陽熱淡水化装置(Tubular Solar Still, TSS)⁴⁾を提案し,その造水性能および脱塩性能を調べている.これまで海水(塩濃度3%)を使用した場合,脱塩が可能なことは判明しているものの,それ以上の高塩濃度でも脱塩が保証されるかどうかは検討されていない.

そこで本研究では,TSSの脱塩性能を明らかにすることを目的として,高濃度の塩水を用いて脱塩実験を行ったので,その結果の一部を報告する.

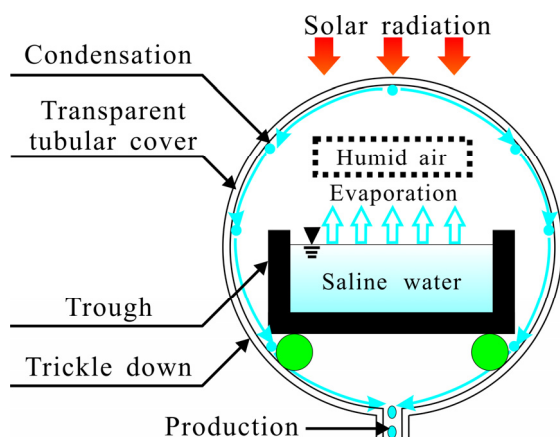


図-1 造水メカニズム

2. 室内脱塩実験概要

本実験は,福井大学内実験室にて行われた.TSSは円筒カバー(長さ:0.6m,直径:0.2m)およびアクリル製黒色矩形トラフ(内法:0.5×0.1m,高さ:0.065m),園芸用支柱(長さ:0.6m,直径:0.01m)および鉄線を用いて作製した.TSSは木製架台の上に設置し,TSSの上端から0.3mの高さにヒートランプ(250W)を2基設置した(図-2を参照).次に実験手順を以下に述べる.

- 1) 実験開始前のトラフおよび集水器の質量を最小読み1/100gの重量計(Mettler Toledo製)でそれぞれ測定する
- 2) 初期塩濃度20%の塩水をトラフに供給する
- 3) トラフをTSS内に挿入後,TSSの両端を密閉する
- 4) ヒートランプを照射し,造水が終了するまで実験を継続する
- 5) 実験終了後,吸水紙を用いてカバー内側の水滴を採取する

なお,塩収支は投入塩量,実験終了後のトラフ残塩量,カバー付着塩量および蒸留水中の含塩量より評価した.また,時間造水密度(トラフ水表面積当りの時間造水量)を計測するとともに,トラフ底面の塩析出状況を高解像度カメラにより撮影した.

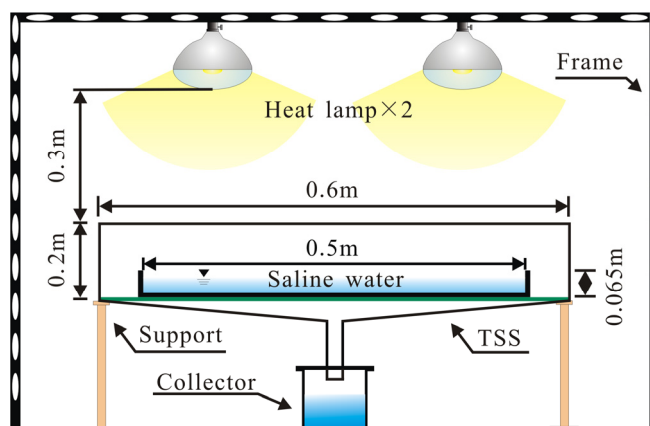


図-2 室内脱塩実験概要

キーワード：太陽熱淡水化, TSS, 脱塩性能, 塩水

連絡先：〒910-8507 福井市文京 3-9-1 福井大学工学部建築建設工学科 環境熱・水理研究室 TEL 0776-27-8595

3. 実験結果

図-3 はトラフ底面における塩析出状況を示す。図中には示さないが、ヒートランプ照射開始から 1 時間後のトラフ底面に塩析出は観られなかった。しかしながら、2 時間後には壁際に塩析出が観られ、その後、時間経過とともに増大した。

図-4 は時間造水密度 M_{hp} (kg/m²/hr)および蒸留水中の塩量 M_{salt} (kg/m²/hr)の経時変化をそれぞれ示す。 M_{hp} は照射開始 1 時間後の計測から確認でき、2 時間後まで急激に増大した後、徐々に低下した。また、実験期間中は常に $M_{salt}=0$ kg/m²/hr であった。

表-1 は TSS の水および塩の質量収支を示す。TSS の水収支は式(1)で表される。

$$M_{wi} = M_{pr} + M_v + \Delta M_{vha} + M_{miss} \quad (1)$$

ここに、 M_{wi} は水の初期水量(kg), M_{pr} は造水量(kg), M_v はカバー付着量(kg), ΔM_{vha} は湿り空气中水蒸気の実験初期値からの増分量(kg)である。漏水量 M_{miss} (kg)とは、実験中の作業等により TSS 内湿り空気から漏気によって失われた水蒸気量であり、全蒸発量の約 12%に相当した。なお、 ΔM_{vha} は式(1)中の他項に比して非常に小さいため、無視した。

TSS の塩収支は、式(2)で表される。

$$M_{si} = M_{st} + M_{sf} + M_{sc} \quad (2)$$

ここに、 M_{si} は初期投入塩量(kg), M_{st} は実験終了後のトラフ残塩量(kg), M_{sf} は蒸留水中の含塩量(kg)および M_{sc} はカバー付着塩量(kg)である。 M_{si} の 99.95%がトラフに残存し、残る 0.05%は、蒸留水およびカバー内側に塩は認められなかったため、重量計の精度によると推察される。

4. おわりに

本研究では円筒型太陽熱淡水化装置(TSS)の脱塩性能を明らかにすることを目的として、塩濃度 20%の塩水を用いて脱塩実験を行った。

その結果、カバー内側および蒸留水に塩は検出されず TSS の脱塩性能を保証することができた。今後、汚水を用いて TSS の浄化性能評価にも着手する。

参考文献

- 1) ロビン・クラーク：水の世界地図，沖大幹，沖明訳，丸善株式会社，pp. 11-49, 2006.
- 2) Darwish, M.A., El-Refae, M.M. and Abdel-Jawad, M.: Developments in the multi-stage flash desalting system,

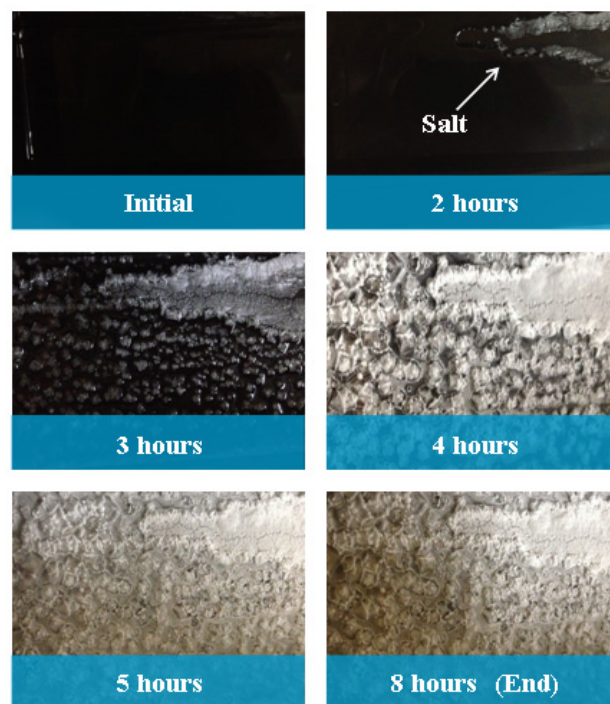


図-3 塩析出状況

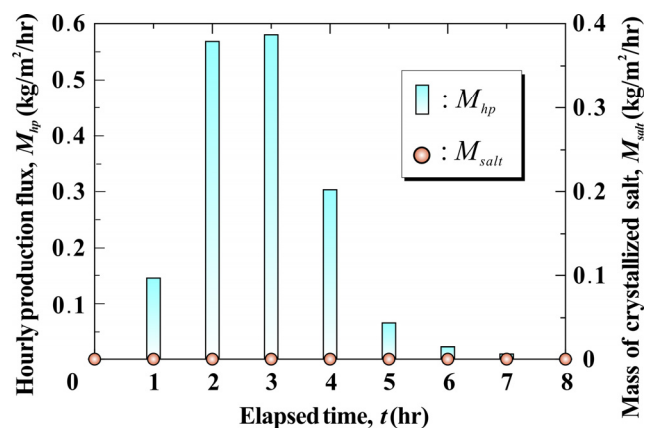


図-4 時間造水密度および蒸留水中の塩量の経時変化

表-1 水および塩の質量収支

		トラフ(kg)	蒸留水(kg)	カバー(kg)	誤差(%)
水	前	99.83(M_{wi})	0	0	11.83 (M_{miss})
	後	0	84.69(M_{pr})	3.33(M_v)	
塩	前	19.99(M_{si})	0	0	0.05
	後	19.98(M_{st})	0(M_{sf})	0(M_{sc})	

Desalination, Vol. 100, pp. 35-64, 1995.

- 3) 小西貴久：世界の水不足に取り組む膜分離技術，日本化学学会，化学と教育，Vol. 59, No. 5, pp. 274-277, 2011.
- 4) Islam, K.M.S., Fukuhara, T. and Asano, F.: Mass transfer in tubular solar still, 土木学会第 59 回年次学術講演概要集，Vol. 59/VII-236, pp. 471-472, 2004.